云 南 植 物 研 究 2006，28 (6)：599～605
Acta Botanica Yunnanica

西双版纳主干公路沿线森林景观格局动态*

曹智伟[1,2]，马友鑫[1**]，李红梅[1]，郭宗锋[1,2]
(1 中国科学院西双版纳热带植物园，云南 昆明 650223；2 中国科学院研究生院，北京 100039)

摘要：根据西双版纳地区 1976、1988 和 2003 年3 期 Landsat MSS/TM/ETM 影像的解译结果，借助于地理信息系统技术，运用景观生态学的基本理论分析了该区主干公路沿线的森林景观格局动态。主要结果为：3 个时期，与整个西双版纳州相比，公路沿线 10 km 范围内的人工林景观百分比更大，增长更快，天然林景观则表现出相反的特征和趋势；且距公路越近，天然林的景观百分比越小，人工林的景观百分比越大，表现出明显的公路效应。公路沿线景观格局朝着多样化、均匀化、破碎化的方向发展。样区内的质心偏移分析表明，1976 年至 2003 年，橡胶林、热带季节雨林、灌木林、山地雨林和非林地景观的分布都在向远离公路的方向偏移。

关键词：公路效应；景观格局；破碎化；西双版纳
中图分类号：Q 948　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253 - 2700(2006)06 - 599 - 07

Dynamics of Forest Landscape Patterns along the Main Roads in Xishuangbanna, Yunnan, China

CAO Zhi-Wei[1,2]，MA You-Xin[1**]，LI Hong-Mei[1]，GUO Zong-Feng[1,2]
(1 *Xishuangbanna Tropical Botanical Garden*，*Chinese Academy of Sciences*，Kunming 650223，China;
2 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences*，Beijing 100039，China)

Abstract: In this paper，we investigated dynamics of forest landscape along the main roads in Xishuangbanna，Yunnan，China from 1976 to 1988，and from 1988 to 2003，using FRAGSTATS software and the GIS technology，based on the results interpreted from the Landsat MSS/TM/ETM images in 1976, 1988, 2003. Some representative quantitative indices of landscape diversity，including mean patch area，percent of landscape，perimeter-area fractal dimension，aggregation，Shannon's diversity index，and Shannon's evenness index were used to describe the changes in the spatial pattern of landscape elements . Comparing with whole region of Xishuangbanna during last 27 years，the results showed that the man-made landscape (rubber plantation) and non-forested landscape along the main roads expanded faster and their percentage were greater，whereas the natural landscape (primary forest patches) reduced faster and its percentage was smaller . There were obvious effects of road on landscape which the forest coverage was decreased，and rubber plantation landscape was increased with the distance from the road . The natural forest landscape had been fragmented . Especially，the tropical seasonal rain forest was affected severely，while the area and contagion of rubber plantation and shrub increased . The whole landscape pattern along the main road tended to be diversiform，equal and fragmented . The landscape was still dominated by natural landscapes but this dominance was weakening . A case study about the displacement of landscape patch centroids showed that the spatial centroids of many types of landscape，including rubber plantation，tropical seasonal rain forest，mountain rain forest，shrub and non-forested land had moved away from the road . All of these changes in landscape pattern would lead the deterioration of these region environments .

Key words: Road effect；Landscape pattern；Fragmentation；Xishuangbanna

---

* **基金项目**：国家自然科学基金 (30570321) 资助
** **通讯作者**：Author for correspondence .　E - mail：may@xtbg.ac.cn
收稿日期：2006 - 02 - 21，2006 - 08 - 09 接受发表
作者简介：曹智伟 (1981 -) 女，汉族，硕士研究生，研究方向为景观生态学。E - mail：czw@xtbg.ac.cn

景观空间格局主要是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的排列，它是景观异质性的重要表现，同时又是各种生态过程在不同尺度上作用的结果。对景观格局研究的目的是在似乎由无序的斑块镶嵌而成的景观上，发现其潜在的有意义的规律性，并为景观的合理管理提供有价值的资料（Levin，1992；邬建国，2000）。国内外对公路沿线森林景观格局变化研究主要集中在森林砍伐和破碎化研究上（Alexander，1997；Forman and Sperling，2002；Saundersa 等，2002），对距公路不同距离梯度上景观结构变化的分析较少，时间尺度也较小，且在路旁景观的偏移方向上尚无具体的量化分析。西双版纳州地处澜沧江下游，其大面积分布着的热带雨林在我国森林植被类型中具有独特的地位；同时该地区是中国在大湄公河次区域的重要门户，其生态影响在跨境生态安全方面有着重要地位。然而，近年来该区的公路建设非常迅速，其生态影响也越来越大。因此，本研究选择该州境内通行时间较长、在经济发展中起着重要作用的主干公路作为代表路段，研究公路沿线森林景观格局变化规律，对于加深关于公路对森林覆盖和景观格局变化影响的认识、加强对该区环境的保护具有重要的现实意义；同时，也为即将通车的东南亚国际公路——昆曼公路的生态影响研究提供参考。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

西双版纳傣族自治州位于云南省的最南端，约在 99°55′～101°50′E，21°10′～22°40′N 之间，属于澜沧江流域。全州总面积 19 112.5 km^2，山地面积占 95%，平坝面积仅占 5%；地势北高南低，海拔从 475 m 到 2 429 m。因为高大山地的阻挡而使北方侵入的寒潮不容易进入本区，因此热带型气候在本区仍有一定范围的分布，热带气候区基本分布在海拔 800 m 以下的河谷盆地和低山浅丘上，立体性气候特征明显。特殊的地理位置和优越的气候条件，使该地区发育形成了丰富多样的植被类型和生物多样性。

又由于该地区处于热带北缘，与典型热带气候相比，湿度和热量水平较低，具有明显的过渡性，加上干季较长，森林一旦遭到破坏，热带森林的恒温恒湿效应，水源涵养作用和森林生态系统的巨大热容量将遭到巨大削弱甚至破坏，环境质量会急剧退化。由于人口的增加，经济的发展，该地区的土地利用方式发生了很大的变化，森林覆盖率大幅度降低（李红梅，2005）。

西双版纳境内没有铁路，50 年代开始建设的 213、214 国道贯通全境，除国道外，其它几条主干公路已经将大部分的乡镇经连接在一起，并与相邻的老挝、缅甸相通；正在建设中的国际交通要道——昆曼高速公路纵贯西双版纳，并且将于 2007 年通车。

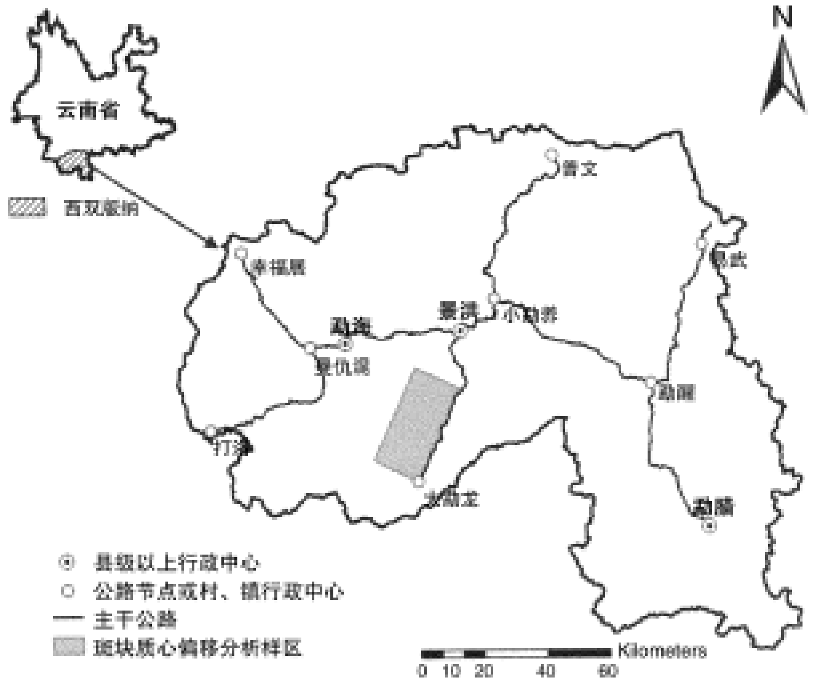


图 1 西双版纳主干公路分布示意图

Fig. 1 The location of the main roads in Xishuangbanna

1.2 研究方法

运用 ArcGIS8 软件，根据西双版纳地区 1976、1988、2003 年 3 期 Landsat MSS/TM/ETM 影像解译得出的土地利用矢量数据（李红梅，2005），将其分为 7 个景观组分：热带季节雨林 TSRF（海拔 800 m 以下的有林地）、山地雨林 MRF（海拔 800～1 000 m 的有林地）、亚热带常绿阔叶林 SEBF（海拔在 1 000 m 以上的有林地）、其它林地 OF、灌木林 SHR（主要为疏林地和矮林地，在本研究区域一般为原始林被破坏后的林型）、橡胶林 RP（种植橡胶为主的林地）、非林地 NOF（包括水田、旱地、轮歇地、建筑用地、水体）。将研究区域的交通图进行矢量化，得出主干公路线路图，运用 ArcGIS 中的 Buffer 命令建立两侧各 10 km 的公路缓冲区，另将 10 km 的缓冲区分为 10 个 1 km 宽的缓冲带，用于不同距离梯度变化的分析。然后将其与景观类型图叠加，转换为 Grid 格式后，利用 Fragstats 软件 3.3 版本* 计算景观格局指数。选取农垦开发较早、周边地势较平缓、路线较为平直且离公路交叉点较远的景洪至大勐龙南段公路约 30 km 的路段为示例段分析森林景观偏移方向与公路的关系。在其西侧取 15 km 宽的区域为样区（图 1），与 1976 年和 2003 年的森林覆盖图叠加，得出样区内的两期森林覆盖图。在

* http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html

ArcInfo 中用 Centroidlabels 命令将各植被类型斑块的质心标记出来，转化为点 Coverage，再将质心点 Coverage 转换为大地坐标系，在 ArcMap 中提取斑块质心的经纬度坐标，计算出各景观类型斑块分布的质心坐标。

1.3 景观格局变化表征模型

（1）相似邻近性指数（*PLADJ*），用于度量同种斑块的聚集程度和连通程度，取值范围：$0 \le PLADJ \le 100$。针对某一种斑块类型，其斑块极度分散不连接，则 = 0，当景观中只有一种斑块类型，则 = 100。公式：

$$PLADJ = \frac{g_{ii} \times 100}{\sum_{k=1}^{m} g_{ik}} \tag{1}$$

式中，g_{ii}为基于双边计算方法的斑块类型 i 的相邻象元数，g_{ik}为基于双边计算方法的斑块类型 i 和 j 的相邻象元数

（2）SHANNON 多样性指数（*SHDI*）：该指数的大小反映景观类型的多少和各景观类型所占比例的变化，取值范围：$SHDI \ge 0$，无上限。当景观是由单一类型构成时，景观时均质的，其值为 0；由两个以上类型构成的景观，当各景观类型所占比例相等时，其值最高；当各景观类型所占比例差别增大，则其值下降。公式：

$$SHDI = -\sum_{i=1}^{m} \left[P_i \left(\ln P_i \right) \right] \tag{2}$$

式中，P_i 为景观类型 i 在景观中所占比例，m 为景观类型的数目。

（3）SHANNON 均匀度指数（*SHEI*）：描述景观中各组分的分配均匀程度，取值范围：$0 \le SHEI \le 1$。其值越大，表明景观各组分分配越均匀。

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^{m} \left[P_i \left(\ln P_i \right) \right]}{\ln m} \tag{3}$$

（4）分维数 *PAFRAC*：用于描述斑块边界形状的复杂程度。本文选取周长 - 面积分维数，取值范围：$1 \le PAFRAC \le 2$。对二维空间的斑块来说，分维数大于 1 表示偏离欧几里得几何形状（如正方形或矩形），当斑块边界形状极为复杂时，其值趋于 2。公式：

$$PAFAC = \frac{2}{\dfrac{\left[n_i \sum_{j=1}^{n} \left(\ln p_{ij} - \ln a_{ij} \right) \right] - \left[\left(\sum_{j=1}^{n} \ln p_{ij} \right) \left(\sum_{j=1}^{n} \ln p_{ij} \right) \right]}{\left(n_i \sum_{j=1}^{n} \ln p_{ij}^2 \right) - \left(\sum_{j=1}^{n} \ln p_{ij} \right)}} \tag{4}$$

式中，a_{ij}为斑块 ij 的面积（m^2），p_{ij} 为斑块 ij 的周长（m），N 为景观中所有斑块的数目。

（5）景观斑块分布质心变化（梁国付和丁圣彦，2005）：用来研究景观格局的空间变化规律，其方法是分别求出研究时段的初期和末期景观分布图中景观类型斑块的质心坐标，然后乘以各景观类型斑块的面积，最后把乘积累加后除以同期各景观类型的总面积。公式：

$$X_t = \sum_{i=1}^{m} \left(C_{ti} \times X_i \right) \Big/ \sum_{i=1}^{m} C_{ti}; \quad Y_t = \sum_{i=1}^{m} \left(C_{ti} \times Y_i \right) \Big/ \sum_{i=1}^{m} C_{ti} \tag{5}$$

式中，X_t、Y_t 分别表示第 t 年景观分布质心的经纬度坐标；C_{ti}表示第 t 年第 i 种景观类型斑块的面积；X_i、Y_i 分别表示第 i 种景观类型斑块质心的经纬度坐标。

2 结果与分析

2.1 景观组分的结构分析

2.1.1 公路沿线景观组分的结构特点 分别计算 3 个时期全西双版纳州和公路沿线 10 km 缓冲区内的各个森林类型的景观百分比（表 1）。

可以看出，1976 年到 2003 年，全州和公路沿线区域森林斑块面积变化趋势大体上相似。天然林景观（包括热带季节雨林、山地雨林、亚热带常绿阔叶林和其它林地在内的原始林）在 3 个时期都占优势，但所占的面积一直在减少，西双版纳州由 69% 减少至 49%，公路缓冲区由 67% 减少至 41%，其中减少最为显著的是热带季节雨林景观。橡胶林景观在初期面积很小，但增长迅速；灌木林景观的面积有较显著的增加；非林地斑块总面积比较大，在前期增加但后期又有所减少。与西双版纳州相比，主干公路沿线的森林景观面积及变化有较明显的特点，天然林景观中的 3 个最主要的景观类型——热带季节雨林、山地雨林和亚热带常绿阔叶林的景观百分比更小，减少更快；橡胶林则相反，在公路沿线的面积更大，增加更为明显；且 3 个时期，公路沿线非林地斑块面积百分比更大，而灌木林则更小；这体现了公路效应的存在。

2.1.2 森林斑块沿距公路距离梯度分布趋势的变化

将整个缓冲区划分为 10 个缓冲带会切割斑块，使景观格局分析受到影响，但对各景观类型的斑块面积变化分析并无影响。计算 10 个缓冲带各种森林斑块的面积，由于公路弯曲和分支的原因，各个缓冲带的面积不完全一致，所以对其进行归一化处理，计算出各地类所占的该缓冲带总面积的百分比（图 2）。

橡胶林斑块面积大幅度增长，前期主要体现在近公路区域，后期则扩展到整个区间。热带季节雨林斑块面积的减少幅度大，1976 年至 1988 年间，近公路区域面积显著减少，分布重心外移，到 2003 年，距公路较远区域的热带季节雨林斑块

面积也大幅度减少，其面积在整个公路沿线区域均降至 5% 以下。灌木林斑块面积百分比在前期变化不大，后期有显著的增长，且在三个时期都表现出随距公路距离的增加而增大的趋势。山地雨林斑块面积前期在近公路区域有一定的减少，后期扩展为在整个区域都显著减少，末期其面积在约 5 km 范围内随距公路距离增加而增大。亚热带常绿阔叶林斑块面积表现出与距公路距离的正相关关系，但其面积有减少的趋势；其它林地也有相似的特征。

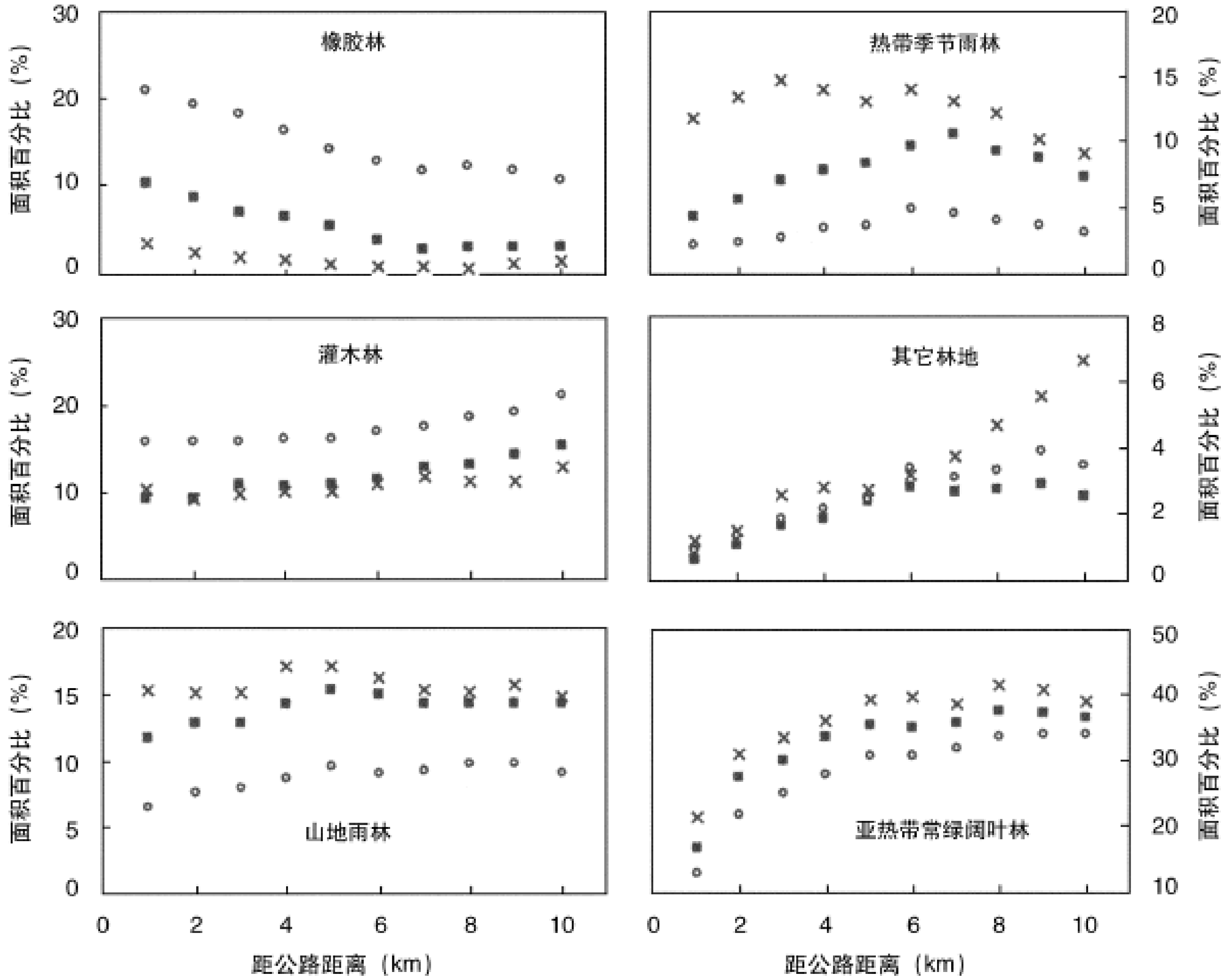


图 2　各主要森林斑块面积百分比（%）与距公路距离的关系（× 1976 年、■ 1988 年、○ 2003 年）

Fig. 2　Relationship between the area percent of each type of forests and the distance from road (× 1976, ■ 1988, ○ 2003)

综上所述，各森林斑块面积都体现出一定的公路效应：人工景观在近公路区域面积更大，增长更快，然后向远处扩展，总体上表现出随距离的增大面积减小的趋势；与之对应，天然林景观面积先在近公路区域减少，然后向远处扩展，总体上体现出随距离的增大面积增大的趋势。

2.2　公路沿线景观格局动态变化

2.2.1　单一景观要素分析　在景观动态变化中，热带季节雨林、山地雨林和亚热带常绿阔叶林景观都呈显著减小的趋势，而橡胶林、灌木林景观则呈迅速增加的趋势（表 1）。在景观面积变化的同时，各类型景观的平均斑块面积 *AREA_MN*、斑块数 *NP*、聚集程度（临近性指数 *PLADJ*）也发生了很大的变化（图 3）。

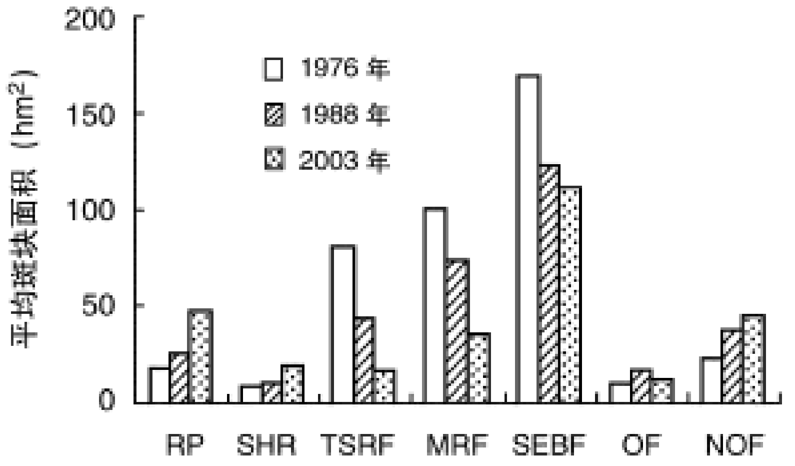
1976 年至 2003 年，橡胶林景观类型的平均斑块面积由 16 hm^2 增加至 47 hm^2，斑块数增加了 1796 块，相似临近性指数由 92 增加至 96，这些表明橡胶林景观在迅速扩展的同时聚集度增加，有逐渐连接成片的趋势。1976 年灌木林景观平均斑块面积最小、斑块数最多、聚集度最低，是所有景观类型中破碎化程度最大的类型，到了 2003 年，平均斑块面积有所增大，斑块数有所减少，聚集度有很大的增加，这表明灌木林景观随着面积的扩大破碎化逐渐降低。非林地景观有与灌木林类似的特征，但其

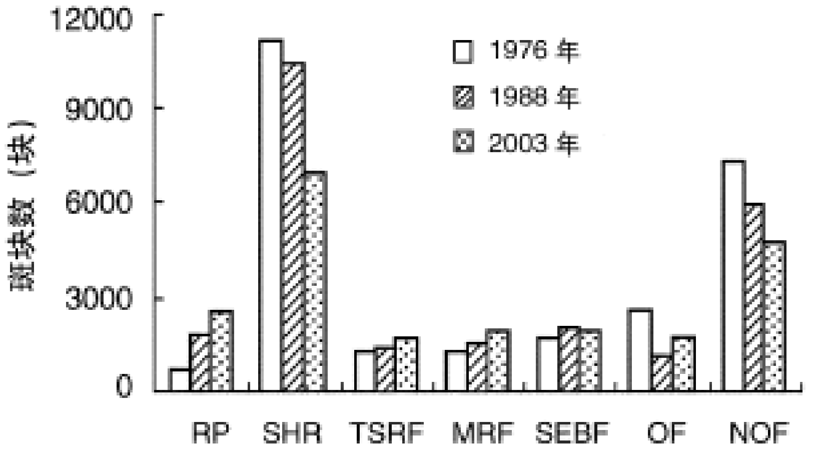
表 1　公路沿线与全西双版纳州森林景观百分比（*PLAND*）及其变化对比

Table 1　Change in the area percent of the forests landscape along road contrast in whole Xishuangbanna

	1976 年		1988 年		1976～1988 年的变化		2003 年		1988～2003 年的变化	
	公路沿线	全州	公路沿线	全州	公路沿线	全州	公路沿线	全州	公路沿线	全州
RP	1.60	1.15	5.68	3.80	4.08	2.65	15.23	11.28	9.54	7.48
SHR	10.65	11.62	11.58	12.44	0.93	0.83	17.10	18.35	5.52	5.90
TSRF	12.62	10.91	7.73	7.97	- 4.90	- 2.94	3.41	3.62	- 4.31	- 4.34
MRF	15.71	15.77	13.80	14.71	- 1.92	- 1.06	8.56	10.35	- 5.24	- 4.36
SEBF	35.49	37.34	31.81	34.46	- 3.68	- 2.89	27.48	32.02	- 4.33	- 2.43
OF	3.29	5.12	2.04	3.19	- 1.24	- 1.92	2.49	3.81	0.44	0.62
NOF	20.64	18.09	27.36	23.43	6.72	5.34	25.75	20.56	- 1.61	- 2.87

RP：**橡胶林** rubber plantation；SHR：**灌木林** shrub；TSRF：**热带季节雨林** tropical seasonal rain Forest；MRF：**山地雨林** mountain rain forest；SEBF：**亚热带常绿阔叶林** substropical evergreen broad-leafed forest；OF：**其它林地** other forest；NOF：**非林地** non-forested land；**下同** the same bellow





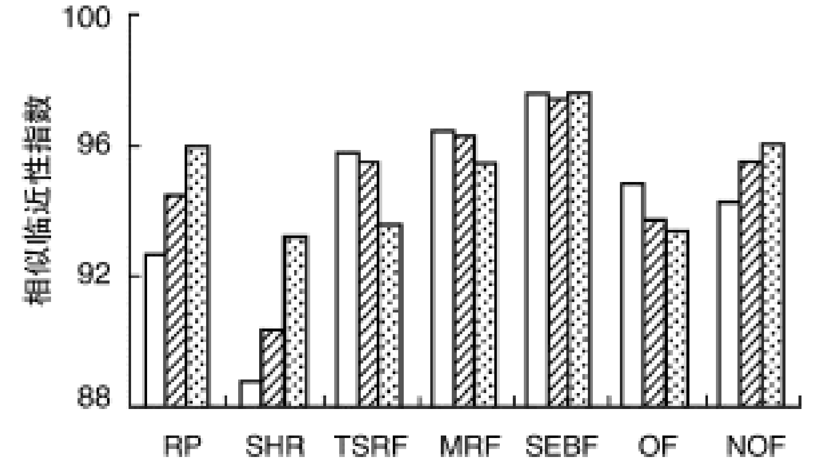


图 3　1976、1988 和 2003 年公路沿线地区各景观类型平均斑块面积、斑块数、相似临近性指数比较

Fig. 3　Changes of mean patch area, patch number and percentage of like adjacencies along the road in 1976, 1988 and 2003

聚集度一直较高，这可能与其自身受历史和海拔因素的影响有关，其分布常呈聚集形态。

热带季节雨林和山地雨林景观有相似的特征，平均斑块面积分别由 1976 年的 80 hm^2 和 98 hm^2 减少到 2003 年的 15 hm^2 和 34 hm^2，斑块数分别增加了 456 和 681 块，临近性指数分别减少了约 2 和 1，这表明热带季节雨林景观在急剧减少的同时破碎化严重，山地雨林景观也在向破碎化的方向发展。亚热带常绿阔叶林景观的平均斑块面积由 1976 年的 167 hm^2 减少至 2003 年的 110 hm^2，但其斑块数增加量和临近性指数变化并不明显，表明其总面积虽然在减少，但破碎化程度并没有明显的变化，这可能与其海拔较高、受橡胶林发展的影响较小有关。

2.2.2　**整体景观结构分析**　依据公式(2) (3) (4) 计算出 1976 年、1988 年和 2003 年整个公路沿线区域的香农多样性指数、均一性指数和分维数，如表 2。

表 2　公路沿线景观的香农多样性指数（*SHDI*）、香农均一性指数（*SHEI*）和周长 - 面积分维数（*PAFRAC*）比较

Table 2　Changes of Shannon's diversity index (*SHDI*), Shannon's evenness index (*SHEI*) and perimeter-area fractal dimension (*PAFRAC*) along the road

	SHDI	*SHEI*	*PAFRAC*
1976	1.662	0.854	1.409
1988	1.682	0.865	1.374
2003	1.710	0.879	1.369

1976 年至 2003 年，香农多样性指数呈上升趋势，说明研究区景观多样性增加，这是因为斑块类型增加或各类型斑块所占面积比例趋于相似时可引起的。由于人类对森林的开发破坏，导致灌木林景观的增加以及橡胶林景观的大面积扩展，改变了天然林景观的绝对优势地位，使不同景观组分之间斑

块分配更加均匀，从而使景观多样性和均一性都提高，景观格局整体上朝破碎化的方向发展。

分维数则呈现逐年下降的趋势。它体现了人类活动的整体影响。自然状态下的斑块，其边缘较为复杂，分维数较高；但经过人类活动改变了景观类型后，新的人工斑块往往呈现较为规则的形状，且它们不断与自然斑块相邻，导致了整体斑块形状偏向规则化，从而降低了分维数。

2.3 森林斑块质心的偏移分析

由公式（5）计算出景洪至大勐龙南段西侧样区内各植被类型的质心坐标（图4）。橡胶林、热带季节雨林、非林地景观的质心分布在距公路较近的区域，山地雨林、灌木林、亚热带常绿阔叶林景观则分布在相对较远的区域。1976 年至 2003 年，橡胶林、热带季节雨林、非林地、灌木林和山地雨林景观的分布都向距公路较远的方向偏移。橡胶林景观分布质心向西偏移了 951.756 m，距公路的垂直距离增加了约 820 m；热带季节雨林景观分布质心向西偏南方向偏移了 1 233.91 m，距公路的距离增加了约 950 m；非林地斑块分布质心向西北偏移了 1 776.84 m，距公路的距离增加了约 1 440 m；山地雨林景观分布质心向西偏南的方向偏移了 1 016.24 m，距公路的距离增加了约 730 m；灌木林景观的分布质心向北偏移了 5 273.74 m，距公路的距离增加了约 2 650 m；亚热带常绿阔叶林景观的分布质心向西南偏移了 2 992.22 m，但距公路的距离无明显变化。这表明，由于橡胶林景观的扩展，近公路区域的热带季节雨林、非林地、灌木林和山地雨林景观分布逐渐后退，人类活动逐渐深入到距公路较远的区域。

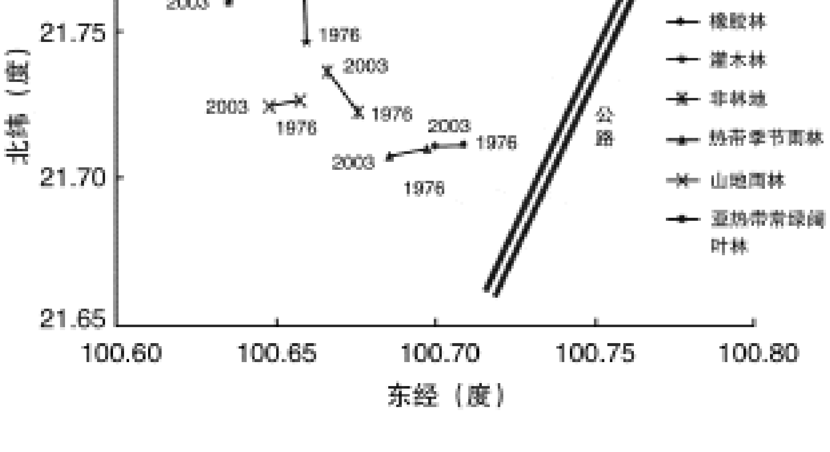


图 4 1976 年至 2003 年斑块空间质心变化

Fig. 4 Changes of spatial centroid of patches from 1976 to 2003

3 结论和讨论

三个时期的情况与整个西双版纳州相比，公路沿线的人工林（橡胶林）和非林地景观百分比更大，增长更快，天然林（热带季节雨林、山地雨林、亚热带常绿阔叶林和其它林地）景观则相反。景观结构变化表现出明显的公路效应。距公路越近，天然林的景观百分比越小，人工林的景观百分比越大，且天然林的减少和人工林的增加首先都体现在近公路区域，逐渐向更远的区域扩展。

公路沿线的热带季节雨林景观、山地雨林景观面积迅速减小的同时破碎化趋势加重，亚热带常绿阔叶林景观面积有所减少，但破碎化趋势不明显；橡胶林景观面积显著增长的同时聚集度增加，有连接成片的趋势。从整体格局上看，公路沿线景观向多样化、均匀化、破碎化的方向发展。

1976 年至 2003 年，橡胶林、热带季节雨林、非林地、灌木林和山地雨林景观的分布都向距公路较远的方向偏移。橡胶林景观扩展开始主要集中在低海拔的热带季节雨林适宜范围（刘文俊等，2005），但在巨大的经济利益的驱使下，后期逐渐向距公路较远、海拔较高的地区扩展，导致整个景观的斑块质心整体向外偏移。

关于研究尺度。景观生态学研究中，尺度是一个极为重要的因素（邬建国，2000）。在公路对景观格局的影响研究领域，不同的学者选择的空间尺度不同，得出的结论也存在较大的差异。从西双版纳地区勐仑镇公路周边土地利用变化特征的研究来看，尺度较小的研究更主要的集中在公路的近距离区域，其结果表明公路仅在两侧 500～1 000 m 内影响显著（刘文俊，2004）。刘世梁等（2006）在西双版纳景洪地区 90 km 长的高速公路路段对两侧景观格局的影响研究中指出，公路两侧 200 m 为影响最为显著的区域。在较大的尺度上，国外学者在亚马逊区的研究报告指出，森林的砍伐往往发生在距公路 100 km 的范围内（Ferraz 等，2005）；另根据对纵贯亚马逊平原的一条长达 5 000 km 的公路对土地利用影响的模拟研究，36 年后该公路的影响范围将达到 300 km 以上（Soares-Filho 等，2004）。这表明，大尺度上的研究公路沿线的景观格局似乎更容易得出较一致的结论，从相对小些的尺度上更能具体反应出不同道路近距离区域的精细差异。但尺度较

小的研究因本身受到区域的限制，很难揭示距离公路更远的，超出该研究区域的变化特征。本研究选取了全西双版纳州主干公路两侧 10 km 的区域，分析的结果表明该范围内的景观格局变化均较为明显。从时间尺度上来看，由于公路的影响区域会随着开发时间的长短而变化，因此公路的建设年代是一个必须考虑的因素。通常来说时间间隔越短越能反映出其变化过程，但研究时间太短将无法揭示整体的趋势和规律或者造成较大误差，所以，要了解一条公路对周边森林景观格局影响的过程，有必要考虑在较长的时间尺度上对其进行监测研究。本研究受限于影像数据，只对 3 个时段的景观格局进行了分析，但采用近 30 年的变化数据，仍可以较为清晰地反应出版纳地区自橡胶开始推广以来人类沿道路的开发规律。

森林退化和破碎化的其它环境影响。通达性是限制人类开发利用活动强度的一个很重要的因素，距公路越近，人类活动作用程度越强，天然林景观所受破坏也就越严重，由此导致了橡胶林景观等人类开发利用景观类型在公路附近聚集；而天然林则相应地在公路附近遭严重破坏以至大部分丧失，在远离公路的地方才能得到较好的保留，这就动摇了其原来作为景观基质的地位，这必将威胁到野生动植物的生境和该区域的生态系统服务功能，造成生物多样性的减少和生态环境退化（黄玉仁等，2000；李红梅，2001；朱华等，2000）。对此，地形有一定的影响和制约作用，但更主要的是人类活动向公路两侧深入的结果。橡胶林的扩展主要发生在热带季节雨林的分布区域，因而热带季节雨林是天然林中受到破坏最为严重的类型，根据在版纳地区的其他研究，热带季节雨林在该地区属于生物多样性和生态价值最高的森林类型，其中含有大量的稀有种，它们是构成森林树种多样性的主体成份，其丧失必然意味着巨大的生物多样性的丧失（Cao and Zhang，1997），应当引起足够的重视。

〔参 考 文 献〕

邬建国，2000．景观生态学——格局、过程、尺度与等级［M］．北京：高等教育出版社，6—8

Alexander SP，1997．What drives deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from satellite and socioeconomic data［A］．Policy Research Working Paper Series 1772［C］．The World Bank

Cao M，Zhang JH，1997．Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna，SW China［J］．*Biodivers Conserv*，**6**：995—1006

Ferraz SF de B，Vettorazzi CA，Theobald DM，*et al*，2005．Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rond nia，Brazil：assessment and future scenarios［J］．*Forest Ecol Manag*，**204**（1）：67—83

Forman RT，Sperling D，2002．Road Ecology，Science and Solutions［M］．Washington，D．C：Island Press，75—99

Huang YR（黄玉仁），Huang YS（黄玉生），Li ZH（李子华），*et al*，2000．The influence of ecoenvironmental variation on fog［J］．*Sci Meteorolog Sin*（气象科学），**20**（2）：129—135

Levin SA，1992．The problem of pattern and scale in ecology［J］．*Ecology*，**73**（6）：1943—1967

Li HM（李红梅），2001．Climate changes of Menglun in Xishuangbanna for the last 40 years［J］．*Meteorolog Mon*（气象），**27**（10）：20—24

Li HM（李红梅），2005．Effects of land use land cover change on vegetation carbon storage in Xishuangbanna［D］．Master's Degree Thesis in Graduate School of CAS（中国科学院研究生院硕士学位论文）

Liang GF（梁国付），Ding SY（丁圣彦），2005．Changes of Patterns along the Yellow River in Henan Province from 1987 to 2002［J］．*Acta Geograp Sin*（地理学报），**60**（4）：665—672

Liu SL（刘世梁），Cui BS（崔保山），Yang ZF（杨志峰），*et al*，2006．Effects of highway construction on mountain landscape pattern［J］．*J Moun Sci*（山地学报），**24**（1）：54—59

Liu WJ（刘文俊），2004．Land use，land cover Change and its driving forces in Menglun Township，Xishuangbanna［D］．Master's Degree Thesis in Graduate School of CAS（中国科学院研究生院硕士学位论文）

Liu WJ（刘文俊），Ma YX（马友鑫），Hu HB（胡华斌），*et al*，2005．Land use and land cover change in the tropical rainforest region of southern Yunnan．—A case study of Menglun，Xishuangbanna［J］．*J Moun Sci*（山地学报），**23**（1）：71—79

Saundersa SC，Mislivets MR，Chen JC，*et al*，2002．Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region，USA［J］．*Biolog Conserv*，**103**（2）：209—225

Soares-Filho B，Alencar A，Nepstad D，*et al*，2004．Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway：the Santarém-Cuiabá corridor［J］．*Global Change Biology*，**10**：745—764

Zhu H（朱华），Xu ZF（许再富），Wang H（王洪），*et al*，2000．Floristic composition and change of rain forest fragments in Xishuangbanna，southern Ynnnan［J］．*Chin Biodivers*（生物多样性），**8**（2）：139—145